

اثر محلول پاشی هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی و تجمع عناصر ریز مغذی در اندام هوایی و دانه تریتیکاله (*X Tritico-secale Wittmack*)

لاله پروین^۱، محمدحسین قرینه^{۲*}، آیدین خدایی جوقان^۳ و علی مشتقی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱)

چکیده

در راستای تحقق تولید غذای سالم و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، مصرف کودهای آلی در کشت و کار گیاهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است. به منظور بررسی اثر غلظت و زمان‌های مختلف محلول پاشی هیومیک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ویژگی‌های کیفی تریتیکاله، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل زمان محلول پاشی در چهار سطح به عنوان عامل اصلی (پنجه‌زنی، ساقه رفتن، ظهور برگ پرچم، گرده افشانی) و غلظت هیومیک اسید در چهار سطح به عنوان عامل فرعی (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد که محلول پاشی در مراحل برگ پرچم و گرده افشانی بیشترین تأثیر را بر صفات فیزیولوژیک داشت. غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بیشترین میزان کلروفیل b، شاخص سطح برگ و شاخص سبزی‌نگی و غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص داد. بیشترین آهن دانه (۴۰/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه‌زنی و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین منگنز دانه (۳۰/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) به محلول پاشی در زمان ساقه رفتن و غلظت ۲۰۰ تعلق داشت. بیشترین عملکرد پروتئین (۷۴۵/۶۵ کیلوگرم در هکتار) از محلول پاشی غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در مرحله برگ پرچم به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که با محلول پاشی هیومیک اسید می‌توان ویژگی‌های کیفی و تجمع عناصر ریزمغذی اندام هوایی و دانه تریتیکاله را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگ، عناصر معدنی، کلروفیل، کود آلی، کیفیت دانه

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mhgharineh@asnrukh.ac.ir

مقدمه

امروزه تریپتیکاله به عنوان یک غله تجاری با پتانسیل بالا برای تغذیه انسان و دام مطرح است. با توجه به اینکه تریپتیکاله تحمل خوبی نسبت به وضعیت نامناسب محیطی نشان می‌دهد، جایگزین خوبی برای گندم نان در وضعیت محیطی نامناسب و کم‌بازده است. این گیاه در شرایط نامساعدی چون سرما، خشکی، خاک فقیر و اسیدی بهتر از سایر غلات به عمل می‌آید (۳۰). تریپتیکاله به دلیل داشتن پروتئین بیشتر و ترکیب متعادل تری از آمینواسیدها، از لحاظ تغذیه و تغلیف دام می‌تواند جانشین غلات دیگری چون ذرت، گندم، چاودار، جو و ذرت خوشه‌ای شود (۱۴).

برای کاهش خطرات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در کشت و کار غلات باید از منابع و نهادهایی استفاده شود که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی در درازمدت را نیز به دنبال داشته باشد. یکی از راهکارهای رفع این مشکل، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی است. کشاورزی پایدار نظامی تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک است که در این نظام به جای استفاده از نهادهایی مانند کودهای شیمیایی، از کودهای زیستی و کودهای آلی استفاده می‌شود (۳۲). هیومیک اسید از جمله کودهای آلی است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۲۸). استفاده از هیومیک اسید می‌تواند در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان مثمر ثمر واقع شود (۲۶). محلول‌پاشی هیومیک اسید کارایی و جذب عناصر به‌ویژه عناصر ریزمغذی را افزایش می‌دهد.

مرز بین کفایت و سمیت عناصر کم‌مصرف بسیار باریک است، بنابراین غلظت هیومیک‌اسید و روش مصرف آن در گیاهان مختلف اهمیت بسزایی دارد (۲۴). بهشتی و تدین (۴) اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف هیومیک اسید (صفر، یک، سه، شش لیتر در هکتار) قبل از آغاز گل‌دهی تحت تنش خشکی را بر شاخص‌های فیزیولوژیک لوبیا آزمایش کرده و نشان دادند که بیشترین میزان کلروفیل با کاربرد شش لیتر در هکتار به دست آمد

که از لحاظ آماری با کاربرد سه لیتر در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. در بررسی گلخانه‌ای در مورد اثر مواد هیومیکی بر محتوی کلروفیل برگ گندم نشان داد شد که محلول‌پاشی اسید فولویک سبب افزایش معنی‌دار در محتوی کلروفیل برگ‌ها شد (۳۵). سبزواری و خزاعی (۲۶) گزارش کردند که مؤثرترین زمان و غلظت هیومیک بر افزایش سطح برگ گندم به ترتیب ظهور برگ پرچم و غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک است. مطالعه اثر محلول‌پاشی چهار سطح هیومیک اسید (صفر، ۱، ۱/۵ و ۲ کیلوگرم در هکتار) در سه زمان مختلف (بعد از کاشت، اواسط رشد رویشی و در ۵۰ درصد گل‌دهی) بر سه رقم گوجه‌فرنگی نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ در محلول‌پاشی ۱ و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. (۲۷). چلیک و همکاران (۵) با کاربرد هیومیک اسید دریافتند که این ماده سبب افزایش وزن خشک و جذب عناصر غذایی روی، مس، آهن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر غذایی ذرت می‌شود. با توجه به اهمیت تغذیه مناسب تریپتیکاله هدف از اجرای این آزمایش تعیین مناسب‌ترین مرحله رشدی و مؤثرترین غلظت محلول‌پاشی هیومیک‌اسید در کشت و کار پایدار این گیاه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. در سال آزمایش میزان بارندگی ۱۰۱/۴ میلی‌متر بود. بارندگی سالیانه منطقه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳/۵، متوسط بیشینه و کمینه درجه حرارت به ترتیب ۳۳ و ۱۴/۶ درجه سانتی‌گراد و بر اساس روش طبقه‌بندی کوپن، اقلیم خشک محسوب می‌شود.

محلول‌پاشی هیومیک اسید در چهار مرحله فنولوژی تریپتیکاله شامل پنجه‌زنی (۲۱ زادوکس)، ساقه رفتن (۳۲ زادوکس)، برگ پرچم (۳۷ زادوکس)، گرده‌افشانی (۶۴ زادوکس) به عنوان عامل اصلی و غلظت محلول‌پاشی (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ میلی‌گرم

نمونه برداری هر کرت (۲×۲ متر) به صورت تصادفی نمونه برداری شد و سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه (مدل ۱۱-WINAREA-UT، شرکت FANAVARAN ALBORZ ANDISHEH) محاسبه شد. از برگ‌های برداشت شده هر تیمار ۱/۸ گرم جدا و درون فالکون‌هایی حاوی ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت غوطه ور شدند سپس میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل spkol، شرکت Analytic Jena آلمان) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت شد و در نهایت با استفاده از رابطه‌های (۱، ۲ و ۳) زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی گرم بر گرم وزن نمونه تر به دست می‌آید. در رابطه‌ها (۱، ۲ و ۳) حجم نمونه استخراج شده و w وزن تر نمونه است (۳). به منظور تعیین شاخص سبزی‌نگی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی از هر کرت پنج بوته و از هر بوته پنج برگ توسعه یافته انتخاب شد و از سه نقطه مختلف آن برگ توسط دستگاه کلروفیل متر (مدل spad-۵۰۲ plus، شرکت konica Minolta، ژاپن) عدد کلروفیل قرائت شد سپس میانگین این نقاط توسط دستگاه محاسبه شد (۲۵). منگنز، آهن، روی و مس شاخساره و دانه توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۷). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴، نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

$$\text{Chla} = [12/7(A663) - 2/59(A645)] \times [V/(1000 \times W)] \quad (1)$$

$$\text{Chlb} = [22/9(A645) - 4/69(A663)] \times [V/(1000 \times W)] \quad (2)$$

$$\text{Carotenoides} = \quad (3)$$

$$[1000(A470) - 1/8(\text{Chla}) - 85/02(\text{Chlb})] + 198$$

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

برگ منبع غذاسازی برای گیاهان است و وجود سطح برگ بیشتر موجب افزایش جذب نور خورشید و به منزله غذای بیشتر و در

در لیتر) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ترکیب به کار رفته برای محلول پاشی حاوی ۸۰ درصد هیومیک اسید، ۱۵ درصد فولویک اسید و ۱۲ درصد K_2O با نام تجاری هیومکس - ۹۵ و ساخت شرکت جی اچ بیوتک ایالات متحده آمریکا بود. مقدار هیومیک اسید با در نظر گرفتن تیمار مورد نظر (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ میلی گرم در لیتر) محاسبه و به دقت با ترازوی دیجیتال وزن شده و در حجم ثابتی از آب مقطر به صورت کامل حل شد. از آب مقطر برای محلول پاشی کرت شاهد استفاده شد. محلول پاشی در ساعات پایانی روز و نزدیک به غروب آفتاب توسط محلول پاش دستی انجام شد. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، قبل از شروع آزمایش از سه قسمت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر به طور جداگانه نمونه برداری به عمل آمد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی متری گذرانده شدند و در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد (جدول ۱).

پس از رسیدن رطوبت خاک مزرعه به حالت گاورو، عملیات خاک‌ورزی شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم برای تسطیح و خرد کردن کلوخه‌ها انجام گرفت. هر کرت فرعی به ابعاد ۲×۲ متر و شامل ۱۰ ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی متر بود. در این آزمایش از بذرهای رقم سناباد با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع استفاده شد. سپس خطوط کشت ایجاد شده و بذرها به صورت خطی (ردیفی) در چهارم آذر ۱۳۹۶ کشت شدند. آبیاری‌های بعدی به صورت غرقابی، با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی طوری انجام شد که گیاه با تنش خشکی و یا غرقابی مواجه نشود. علف‌های هرز در طول فصل رشد به صورت دستی وجین شدند. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت انجام شد.

با رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، برداشت محصول در تاریخ ۱۱ اردیبهشت صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها، شاخص سطح برگ، شاخص سبزی‌نگی و عناصر ریزمغذی دانه و شاخساره بودند. برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی از خطوط

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

بافت خاک	نیترژن (%)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	اسیدیته	EC (dS/m)
رسی سیلتی	۰/۰۶	۸/۱	۱۲۰	۴/۲۳	۰/۶۶	۰/۸۱	۵/۶۱	۸	۴/۱

میزان سطح برگ گندم در محلول‌پاشی هیومیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت.

شاخص سبزی‌نگی

محتوای کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک است (۱۱). استفاده از هیومیک اسید در مراحل پایانی رشد نسبت به مراحل اولیه، شاخص کلروفیل برگ را افزایش داد به‌گونه‌ای که بیشترین عدد کلروفیل‌متر در مرحله برگ پرچم با میانگین ۴۳/۱۹ و کمترین آن از مرحله پنجه‌زنی با میانگین ۳۸/۷۱ به‌دست آمد. بین مرحله برگ پرچم و مرحله افشانی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سطوح غلظت هیومیک اسید مورد استفاده بیشترین و کمترین میانگین این صفت (۴۲/۷۸ و ۳۸/۳۸) به‌ترتیب از ۶۰۰ میلی‌گرم و صفر به‌دست آمد (شکل ۱- ج و د). در این زمینه پازوکی (۲۲) نشان داد که کاربرد هیومیک اسید به‌میزان هشت لیتر در هکتار در سه مرحله دو، چهار و شش برگی باعث افزایش کلروفیل برگ کلزا شد.

کلروفیل a و b

اثر زمان و سطوح مختلف محلول‌پاشی هیومیک اسید بر این رنگدانه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل زمان و غلظت معنی‌دار نشد (جدول ۲). استفاده از هیومیک اسید در مراحل پایانی رشد نسبت به مراحل اولیه میزان کلروفیل a و b را افزایش داد، به‌گونه‌ای که بیشینه و کمینه کلروفیل a به‌ترتیب به‌میزان ۲/۹۶ و ۲/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ از محلول‌پاشی در زمان کرده افشانی و پنجه‌زنی حاصل شد که اختلاف ۱۴/۷ درصدی و معنی‌داری نسبت به یکدیگر داشتند.

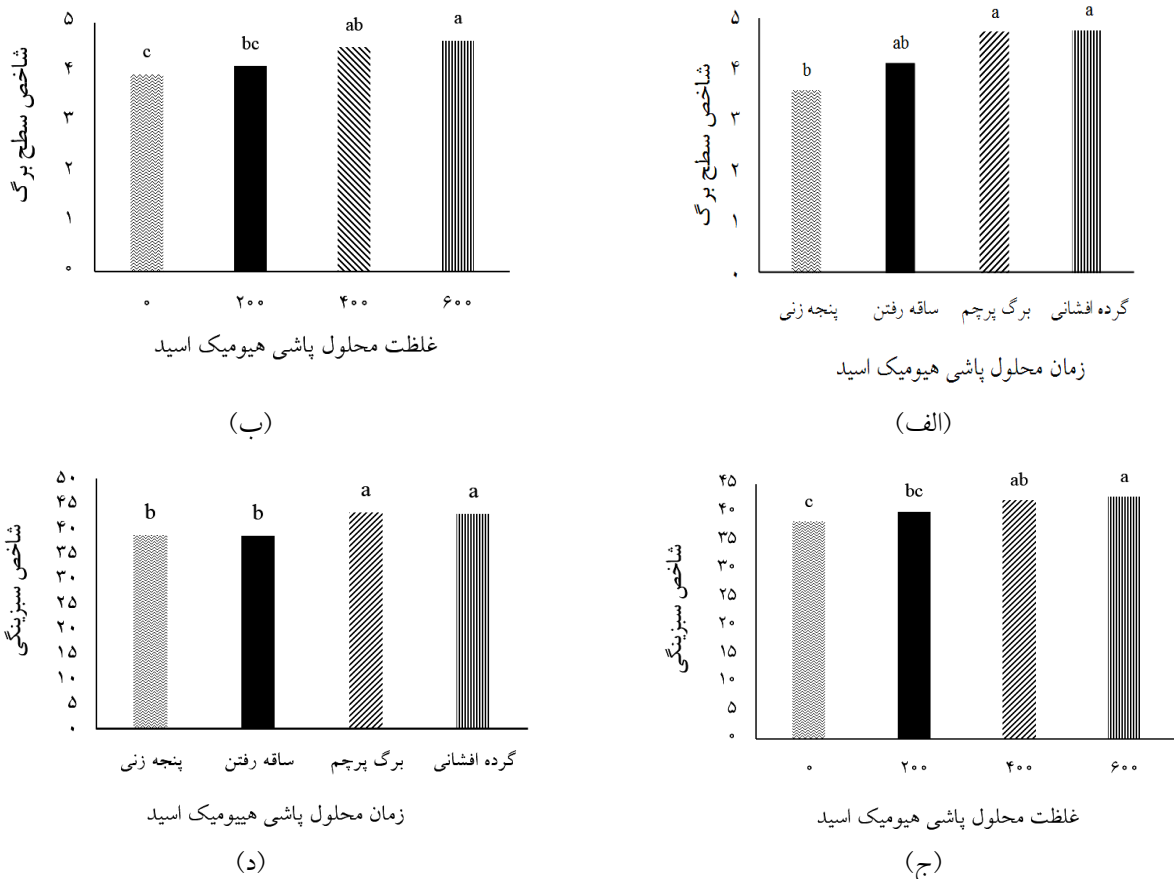
نتیجه عملکرد بالاتر است (۲۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان در سطح احتمال پنج درصد و هیومیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر صفت شاخص سطح برگ معنی‌دار و اثرات متقابل بین دو فاکتور غیر معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۴/۷۸ در مرحله کرده‌افشانی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با مرحله ظهور برگ پرچم و ساقه رفتن نداشت. کمترین شاخص سطح برگ در مرحله پنجه‌زنی با میانگین ۳/۵۸ به‌دست آمد. شاخص سطح برگ به‌عنوان جنبه کمی از نمو گیاه است که بیان‌کننده تعداد و اندازه سلول‌های برگ است و مصرف عناصر معدنی به‌ویژه ریزمغذی‌ها همبستگی مثبتی با شاخص سطح برگ دارد (۱۷). مصرف هیومیک اسید در مراحل پنجه‌زنی و ساقه رفتن موجب افزایش پنجه‌زنی و ارتفاع ساقه شده و در مرحله کرده افشانی با تأثیر بر دوام برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ شد که در نتیجه محلول‌پاشی در مرحله کرده افشانی بر شاخص سطح برگ مؤثرتر واقع شد. در میان غلظت‌های مختلف هیومیک اسید، بیشترین سطح برگ در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۴/۶۴ به‌دست آمد (شکل ۱- الف و ب). مواد تغذیه‌ای از طریق افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها و یا به‌دلیل توسعه دوام سطح برگ موجب گسترش سطح برگ می‌شود. شاخص سطح برگ بیشتر در غلظت بالاتر هیومیک اسید می‌تواند به‌علت فراوانی بیشتر عناصر و طبیعتاً فتوسنتز بیشتر و در نهایت سطح برگ بالاتر باشد. نتایج پژوهشی نشان داد که مؤثرترین زمان و غلظت هیومیک اسید برای افزایش شاخص سطح برگ گندم به‌ترتیب ظهور برگ پرچم و غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (۲۶). محمودی زویک و همکاران (۱۶) گزارش کردند که بیشترین

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک تربیکاله تحت تاثیر زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید

میانگین مربعیات										
عملکرد پروتئین	پروتئین دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص سطح برگ	شاخص سبزیگی	شاخص a	کلروفیل b	کلروفیلها	درجه آزادی	منبع تغییرات
۳۷۵۸۲/۱۳ ^{ns}	۶/۶۱ ^{ns}	۲۴۳۸۶۷۷/۹۳ ^{ns}	۲۰۸۶۳۵۱/۲۴ ^{ns}	۷/۵۳ ^{ns}	۱۵۵۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۲*	۳	بلوک
۳۶۲۱۲/۰۶**	۱۱/۵۲۱*	۳۲۴۱۸۴۸۹/۸*	۲۸۱۴۳۳۹/۱۶*	۵/۱۴*	۱۰۴۲۹**	۰/۵۵۲**	۰/۰۷۶**	۰/۰۰۵**	۳	زمان
۱۳۰۸۳/۹۷	۲/۰۹۱۲	۶۹۳۶۲۸/۹۰	۶۷۲۶۴/۳۲	۱/۴۲	۹/۴۰	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۳	۹	خطای a
۵۸۹۹۷/۳۶**	۶/۷۷۵**	۱۲۴۱۱۶۶۱/۸۰*	۱۴۶۵۶۱۷/۲۹*	۱/۵۹**	۶۴۴۷**	۰/۶۵۴**	۰/۰۶۵**	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۳	غلظت
۲۴۸۹۸/۹۵**	۴/۱۴۸**	۸۹۸۶۴۱۱/۹۳ ^{ns}	۱۲۸۸۱۶۶/۵۲*	۰/۴۴ ^{ns}	۱۴/۴۴ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۹	زمان × غلظت
۴۱۵۸۸/۷	۰/۳۴۰	۴۵۳۴۸۸۰/۱	۵۱۲۵۸/۸	۰/۴۲	۱۳/۱۵	۰/۰۵۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۳۶	خطای b
۱۴۳۱	۶/۷۳	۳۴/۱۳	۹۴/۱۳	۱۵/۱۴	۸/۸۸	۸۷۷	۱۳/۶۶	۱۰/۱۵	(۱)	ضریب تغییرات(%)

** و * به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد



شکل ۱. الف و ب) مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و ج و د) شاخص سبزیگی (عدد دستگاه اسپد) تحت تأثیر زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD است.

منیزیم، آهن و مس در تشکیل کلروفیل نقش دارند که مصرف هیومیک اسید باعث فراهمی بیشتر این عناصر برای گیاه می‌شود (۱۵). در مراحل پایانی رشد گیاه، هیومیک اسید با افزایش تداوم سطح فتوسنتز کننده موجب جذب عناصر غذایی و حفظ این رنگیزه‌ها می‌شود (۱۹). در آزمایش کمری شاه‌ملکی و همکاران (۱۳) با افزایش مصرف هیومیک اسید، غلظت کلروفیل گوجه‌فرنگی افزایش یافت و بیشترین کلروفیل در تیمار سه میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد.

کاروتنوئید

زمان محلول‌پاشی هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر کاروتنوئید داشت درحالی‌که سطوح غلظت و اثر متقابل فاکتورها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). بیشترین میانگین

همچنین بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل b با میانگین ۰/۷۰ و ۰/۵۶ میلی‌گرم در وزن تر برگ از محلول‌پاشی هیومیک اسید در مرحله گرده‌افشانی و پنجه‌زنی به‌دست آمد که دارای اختلاف ۲۵ درصدی بودند (جدول ۳).

بیشترین میانگین کلروفیل a به مقدار ۲/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به‌دست آمد که نسبت به غلظت صفر افزایش ۱۰/۱۵ درصدی داشت و تفاوت معنی‌داری را با سطح غلظت ۶۰۰ نشان نداد، ولی کلروفیل b با میانگین ۰/۷۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید نسبت به غلظت صفر افزایش ۲۶/۳۱ درصدی نشان داد و با سایر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت. بین غلظت صفر و ۲۰۰ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). عناصری نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم،

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک و عملکرد بیولوژیک تربیتکاله تحت تأثیر زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید

عامل آزمایشی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئیدها	عملکرد بیولوژیک
	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)			(کیلوگرم در هکتار)
زمان				
پنجه زنی	۲/۵۸ ^b	۰/۵۶ ^b	۰/۱۶ ^b	۱۴۱۸۷/۵ ^b
ساقه رفتن	۲/۶۳ ^b	۰/۶۰ ^b	۰/۱۶ ^b	۱۵۵۲۵/۱ ^{ab}
برگ پرچم	۲/۸۸ ^a	۰/۶۸ ^a	۰/۱۹ ^a	۱۷۴۳۸/۳ ^a
گرده افشانی	۲/۹۶ ^a	۰/۷۰ ^a	۰/۱۹ ^a	۱۶۷۱۰ ^a
غلظت (میلی گرم در لیتر)				
صفر	۲/۶۶ ^b	۰/۵۷ ^c	۰/۱۶ ^a	۱۵۸۳۸/۵ ^{ab}
۲۰۰	۲/۶۷ ^b	۰/۶۰ ^{bc}	۰/۱۷ ^a	۱۶۵۳۰ ^a
۴۰۰	۲/۹۳ ^a	۰/۶۴ ^b	۰/۱۸ ^a	۱۶۷۱۹/۹ ^a
۶۰۰	۲/۸۰ ^{ab}	۰/۷۲ ^a	۰/۱۸ ^a	۱۴۷۷۲/۵ ^b

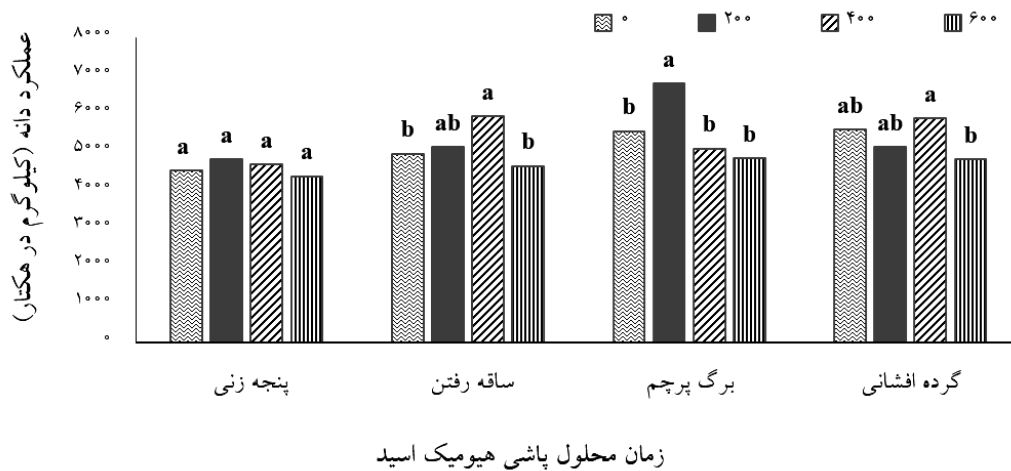
حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD ندارند.

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار غلظت هیومیک اسید و برهم کنش غلظت و زمان بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین اثر ترکیبات مختلف تیماری بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه (۶۷۹۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار محلول پاشی در مرحله برگ پرچم با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و کمترین میزان عملکرد دانه (۲۳۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار) به تیمار محلول پاشی در مرحله پنجه زنی با غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر تعلق داشت (شکل ۲). احتمالاً کاربرد هیومیک اسید در مرحله برگ پرچم که گیاه شاخساره بیشتری دارد سبب دسترسی بیشتر گیاه به عناصر میکرو و هورمون های رشد گیاهی شده و با افزایش فتوسنتز عملکرد دانه افزایش پیدا کرده است.

از سوی دیگر محلول پاشی ۲۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید در مرحله برگ پرچم توانسته با فراهمی مواد مغذی بر تعداد دانه در سنبله و یا وزن دانه تأثیر گذاشته و از این رو موجب افزایش عملکرد دانه شده است. اسید هیومیک سبب

کاروتنوئید (۰/۱۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) با کاربرد هیومیک اسید در مرحله برگ پرچم و گرده افشانی به دست آمد و کمترین میزان کاروتنوئید در مرحله پنجه زنی و ساقه رفتن با میانگین ۰/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد. کاربرد هیومیک اسید در مرحله گرده افشانی و برگ پرچم نسبت به مرحله پنجه زنی و ساقه رفتن موجب افزایش ۱۸/۷۵ درصدی کاروتنوئید برگ شد (جدول ۳). تغذیه برگ هیومیک اسید باعث جذب عناصر مغذی، به ویژه نیتروژن، و به دنبال آن افزایش سبزیگی گیاه می شود که موجب بهبود میزان رنگیزه ها و افزایش فتوسنتز می شود (۶). افزایش رنگیزه ها در مرحله گرده افشانی نسبت به سایر مراحل می تواند به علت شاخص سطح برگ بالا، امکان تجمع نور در واحد حجم را سبب شود که افزایش رنگیزه کاروتنوئید به عنوان رنگیزه کمک را به دنبال دارد. ابراهیمی و کرباسک (۶) گزارش کردند که افزایش غلظت هیومیک اسید به ۳۰ گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد منجر به افزایش ۵۹/۰۲ درصدی کاروتنوئید در گیاه دارویی اسفرزه شد.



شکل ۲. برش‌دهی اثر متقابل زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید (میلی‌گرم در لیتر) از نظر عملکرد دانه تریتیکاله. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD است.

آهن اندام هوایی و دانه

اثر متقابل غلظت و زمان محلول پاشی هیومیک اسید بر میزان آهن بوته اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۴). بیشترین آهن بوته (۲۴۸/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار محلول پاشی در زمان ساقه رفتن و غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید و کمترین میزان آهن بوته (۱۳۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه‌زنی و عدم کاربرد هیومیک اسید بود که تفاوت ۹۰/۱۶ درصدی معناداری داشت (جدول ۵). مولکول‌های هیومیک اسید می‌توانند از غشای سلول عبور و در آپوپلاست باعث احیای آهن شوند و در دسترسی به آهن را افزایش دهند. اثر افزایش جذب آهن توسط هیومیک اسید احتمالاً به خاصیت احیاکنندگی آن برمی‌گردد که تجمع آهن را در بافت‌های گیاهی افزایش می‌دهد (۲۰). اثرات مفید مواد هیومیکی با قابلیت‌های آنها به‌وسیله فعالیت‌هایی نظیر آزادسازی الکترون‌ها و مداخله در زنجیره تنفسی سلول و نیز افزایش منبع انرژی برای سلول‌ها توجیه می‌شود. این تبادل ظرفیت برای جذب آهن مفید است، زیرا گیاهان (در شرایط نبود سبزی‌نگی) به‌طور مداوم مواد فنلی از خود ترشح می‌کنند تا Fe^{+3} به Fe^{+2} محلول تبدیل شود. احمدی نورالدین‌وند (۲)

تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده می‌شود و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (۱۹). اثر اصلی غلظت و زمان محلول پاشی هیومیک اسید بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی برهم‌کنش غلظت و زمان معنی‌دار نشد (جدول ۲). محلول پاشی در مرحله برگ پرچم با میزان ۱۷۴۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی را داشت که با زمان ساقه رفتن و گرده افشانی تفاوت معنی‌داری نداشته اما با زمان پنجه‌زنی تفاوت معنی‌دار ۲۲/۹۱ درصدی نشان داد. محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با عملکرد ۱۶۷۱۹/۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین و غلظت صفر کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی (۱۵۸۳۸/۵ کیلوگرم در هکتار) را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳) افزایش عملکرد بیولوژیکی با مصرف هیومیک اسید را می‌توان به تحریک رشد گیاه از طریق سوخت‌وساز عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، فعال‌سازی آنزیم‌ها، تغییر در نفوذپذیری غشا و سنتز پروتئین‌ها نسبت داد که مجموع این عوامل سبب افزایش بیوماس گیاه می‌شود (۳۱). نتایج تحقیقات قربانی و همکاران (۱۰) نشان داد که هیومیک اسید عملکرد بیولوژیکی ذرت نسبت به شاهد را ۳۶/۵ درصد افزایش داد.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس عناصر ریزمغذی تریتیکاله تحت تأثیر زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		آهن دانه	مس دانه	منگنز دانه	آهن بوته	مس بوته
بلوک	۲	۳۵۹/۸۸ ^{ns}	۲/۵۲ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۱۶۴/۰۵ ^{ns}	۵/۱۴ ^{ns}
زمان	۳	۶۵/۷۷ ^{ns}	۲۶/۲۳ ^{ns}	۶۴/۱۶ ^{ns}	۲۱۸۲/۵ ^{ns}	۴۴/۶۳ ^{ns}
خطای a	۶	۲۰۳/۸۱	۲۷/۳۳	۶۸/۲۶	۲۲۱۳/۰۷	۲۷/۴۸
غلظت	۳	۱۶۴/۳۰ ^{**}	۳۳/۱۱ ^{**}	۳/۳۰ ^{ns}	۱۰۴۰/۶۵ ^{ns}	۱۱/۷۵ ^{ns}
زمان × غلظت	۹	۹۵/۶۷ ^{**}	۱۶/۵۱ ^{**}	۴۰/۳۵ ^{**}	۴۹۴۲/۷۱ [*]	۳۸/۵۹ [*]
خطای b	۲۴	۱۹/۱۳	۴/۵۶	۷/۹۱	۲۱۵۷/۷۶	۹۳/۱۶
ضریب تغییرات		۱۷/۰۷	۱۹/۸۸	۱۰/۴۴	۲۸/۹۷	۲۶/۷۹

ns. * و ** به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

مس اندام هوایی و دانه

اثر متقابل غلظت و زمان محلول پاشی هیومیک اسید بر میزان مس بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین میزان مس بوته (۲۶/۳۴ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان برگ پرچم و غلظت صفر و کمترین میزان مس بوته (۱۲/۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت صفر بود (جدول ۵). میزان مس بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر زمان محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین میزان مس دانه (۱۹/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان گرده افشانی و غلظت ۶۰۰ و کمترین میزان مس دانه (۸/۲۷ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت ۴۰۰ بود (جدول ۵). وجود رابطه برهم کنش منفی بین مس و آهن در مطالعات ابوزید و ابوخوا در گیاه ذرت گزارش شد (۱). بنابراین احتمال دارد غلظت کم آهن در مراحل زایشی نسبت به رویشی فرصت مناسب را برای جذب عنصر مس ایجاد کرده و زمان برگ پرچم و گرده افشانی (مراحل زایشی) بیشترین میزان مس دانه و بوته به دست آمده است.

منگنز اندام هوایی و دانه

تجزیه واریانس نشان داد که غلظت و برهم کنش زمان و

گزارش کرد که بیشترین میزان آهن بوته گوار از مصرف ۱۵ کیلوگرم هیومیک اسید به دست آمد. سطوح مختلف غلظت و برهم کنش غلظت و زمان محلول پاشی هیومیک اسید بر میزان آهن دانه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴). بیشترین آهن دانه (۴۰/۴۴ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین آن (۱۷/۵۸ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان گرده افشانی و غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر بود (جدول ۵). در مرحله پنجه دهی و ساقه رفتن بیشترین مقدار آهن دانه از تیمار ۲۰۰ میلی گرم در هیومیک اسید به دست آمد ولی در مرحله برگ پرچم بیشترین آهن دانه از تیمار کاربرد ۴۰۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد. اینگونه به نظر می رسد در مراحل اولیه رشد گیاه با کاربرد مقدار کمتری هیومیک اسید در مراحل اولیه مقدار آهن دانه افزایش بیشتری یافته است. جوادی و اسفندیاری (۱۲) گزارش کردند بیشترین میزان آهن دانه گندم از پیش تیمار بذور با اسید فولیک ۵۰ میکرومولار و اسپری برگی فولیک اسید در مرحله سنبله رفتن نسبت به شاهد (عدم اسپری و پیش تیمار بذور با اسید فولیک صفر میکرومولار) به دست آمد. همچنین در آزمایشی دیگر پورفرد و همکاران گزارش کردند که بیشترین میزان آهن دانه از محلول پاشی آهن در زمان پنجه زنی به دست آمد (۲۳)

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین عناصر میکرو تحت ترکیبات تیماری زمان و غلظت محلول پاشی هومیک اسید

عملکرد پروتئین	غلظت	آهن دانه				مس دانه				منگنز دانه				زمان					
		میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر						
۳۱۱/۴۲ ^e	صفر	۶/۹۲ ^g	۳۳/۲۵ ^{ed}	۱۲/۲۰ ^b	۱۳۰/۵۲ ^c	۱۶/۳۶ ^d	۷/۴۴ ^{cd}	۲۰/۸۷ ^{de}	صفر	۳۷۲/۲۲ ^{de}	۷/۶۹ ^{efg}	۳۲/۰۶ ^e	۱۳/۱۵ ^b	۱۴۹/۹۵ ^{bc}	۲۷/۵۸ ^{abc}	۸/۶۴ ^{bcd}	۴۰/۴۴ ^a	۲۰۰	پنجه زنی
۳۷۹/۱۱ ^{de}	۴۰۰	۷/۸۹ ^{cd}	۳۶/۶۳ ^{bcdde}	۱۶/۰۳ ^b	۱۶۰/۶۵ ^{bc}	۲۴/۷۹ ^{bc}	۸/۲۷ ^d	۲۰/۷۲ ^{de}	۴۰۰	۳۷۹/۱۱ ^{de}	۷/۸۹ ^{cd}	۳۶/۶۳ ^{bcdde}	۱۶/۰۳ ^b	۱۶۰/۶۵ ^{bc}	۲۴/۷۹ ^{bc}	۸/۲۷ ^d	۲۰/۷۲ ^{de}	۴۰۰	پنجه زنی
۳۵۹/۰۷ ^{de}	۶۰۰	۷/۶۰ ^{ef}	۳۵/۵۱ ^{bcdde}	۱۴/۹۲ ^b	۱۴۸/۲ ^{bc}	۲۸/۱۰ ^{abc}	۱۱/۲۸ ^b	۲۳/۲۷ ^{de}	۶۰۰	۳۵۹/۰۷ ^{de}	۷/۶۰ ^{ef}	۳۵/۵۱ ^{bcdde}	۱۴/۹۲ ^b	۱۴۸/۲ ^{bc}	۲۸/۱۰ ^{abc}	۱۱/۲۸ ^b	۲۳/۲۷ ^{de}	۶۰۰	پنجه زنی
۴۸۹/۳ ^{bc}	صفر	۹/۵۰ ^{bc}	۳۲/۸۳ ^{cd}	۱۴/۹۳ ^b	۱۳۳/۶ ^c	۲۸/۵۳ ^{ab}	۹/۹۲ ^{bcd}	۲۲/۸۷ ^{de}	صفر	۵۲۱/۱۷ ^{bc}	۱۰/۵۶ ^a	۳۹/۵۷ ^{abcd}	۱۵/۶۲ ^b	۱۴۶/۵۳ ^{bc}	۳۰/۷۳ ^a	۱۰/۹۱ ^{bc}	۳۲/۴۴ ^{bc}	۲۰۰	ساقه رفتن
۴۹۲/۸ ^{bc}	۴۰۰	۸/۳۳ ^{def}	۴۶/۹۷ ^a	۱۴/۸۲ ^b	۲۴۸/۲۰ ^a	۲۹/۵۶ ^a	۱۱/۴۲ ^b	۲۵/۲۸ ^{cd}	۴۰۰	۴۹۲/۸ ^{bc}	۸/۳۳ ^{def}	۴۶/۹۷ ^a	۱۴/۸۲ ^b	۲۴۸/۲۰ ^a	۲۹/۵۶ ^a	۱۱/۴۲ ^b	۲۵/۲۸ ^{cd}	۴۰۰	ساقه رفتن
۴۳۹/۰۸ ^{cd}	۶۰۰	۹/۵۲ ^{bc}	۳۵/۸۷ ^{bcdde}	۱۶/۲۴ ^b	۱۴۵/۶۰ ^{bc}	۳۰/۶۲ ^a	۱۱/۹۱ ^b	۲۲/۹۳ ^{de}	۶۰۰	۴۳۹/۰۸ ^{cd}	۹/۵۲ ^{bc}	۳۵/۸۷ ^{bcdde}	۱۶/۲۴ ^b	۱۴۵/۶۰ ^{bc}	۳۰/۶۲ ^a	۱۱/۹۱ ^b	۲۲/۹۳ ^{de}	۶۰۰	ساقه رفتن
۵۲۵/۰۸ ^b	صفر	۹/۶۰ ^{bc}	۳۷/۵۳ ^{bcdde}	۲۶/۳۴ ^a	۱۳۳/۷ ^c	۲۶/۲۷ ^{abc}	۱۱/۳۵ ^b	۲۴/۹۸ ^d	صفر	۷۴۵/۶۵ ^a	۱۰/۹۸ ^a	۳۵/۸۴ ^{bcdde}	۱۲/۸۲ ^b	۱۹۲/۵۰ ^{abc}	۲۸/۷۹ ^{ab}	۱۱/۶۶ ^b	۲۴/۸۳ ^{de}	۲۰۰	برگ پرچم
۴۹۲/۷ ^{bc}	۴۰۰	۹/۶۹ ^b	۴۰/۷۴ ^{abc}	۱۴/۸۱ ^b	۱۵۷/۵۵ ^{bc}	۲۷/۹۱ ^{abc}	۱۱/۳۱ ^b	۳۴/۹۷ ^{ab}	۴۰۰	۴۹۲/۷ ^{bc}	۹/۶۹ ^b	۴۰/۷۴ ^{abc}	۱۴/۸۱ ^b	۱۵۷/۵۵ ^{bc}	۲۷/۹۱ ^{abc}	۱۱/۳۱ ^b	۳۴/۹۷ ^{ab}	۴۰۰	برگ پرچم
۳۳۱/۷۲ ^e	۶۰۰	۶/۸۵ ^g	۳۴/۱۲ ^{cde}	۱۵/۰۹ ^b	۲۱۶/۱۵ ^{ab}	۲۴/۷۸ ^{bc}	۱۰/۰۸ ^{bcd}	۲۶/۸۵ ^{cd}	۶۰۰	۳۳۱/۷۲ ^e	۶/۸۵ ^g	۳۴/۱۲ ^{cde}	۱۵/۰۹ ^b	۲۱۶/۱۵ ^{ab}	۲۴/۷۸ ^{bc}	۱۰/۰۸ ^{bcd}	۲۶/۸۵ ^{cd}	۶۰۰	برگ پرچم
۴۷۶/۳۸ ^{bc}	صفر	۸/۵۲ ^{de}	۳۵/۶۳ ^{bcdde}	۱۳/۳۷ ^b	۱۴۲/۳۵ ^{bc}	۲۶/۰۷ ^{abc}	۸/۴۳ ^{bcd}	۲۵/۶۶ ^{de}	صفر	۴۵۱/۰۸ ^{bcd}	۸/۷۷ ^{cd}	۴۱/۲۰ ^{ab}	۱۵/۸۶ ^b	۱۹۵/۹ ^{abc}	۳۰/۴۵ ^a	۱۰/۹۴ ^{bc}	۲۵/۹۷ ^{cd}	۲۰۰	گرده افشانی
۴۴۶/۲۹ ^{cd}	۴۰۰	۷/۶۷ ^{ef}	۳۴/۱۸ ^{cde}	۱۴/۸۵ ^b	۱۳۱/۶ ^c	۲۶/۶۸ ^{abc}	۱۰/۰۹ ^{bcd}	۲۰/۲۲ ^{de}	۴۰۰	۴۴۶/۲۹ ^{cd}	۷/۶۷ ^{ef}	۳۴/۱۸ ^{cde}	۱۴/۸۵ ^b	۱۳۱/۶ ^c	۲۶/۶۸ ^{abc}	۱۰/۰۹ ^{bcd}	۲۰/۲۲ ^{de}	۴۰۰	گرده افشانی
۳۶۶/۲۹ ^{cd}	۶۰۰	۷/۵۸ ^{ef}	۳۱/۰۵ ^e	۱۴/۸۰ ^b	۱۳۲/۳۵ ^{bc}	۲۳/۷۴ ^c	۱۹/۱۵ ^a	۱۷/۵۸ ^e	۶۰۰	۳۶۶/۲۹ ^{cd}	۷/۵۸ ^{ef}	۳۱/۰۵ ^e	۱۴/۸۰ ^b	۱۳۲/۳۵ ^{bc}	۲۳/۷۴ ^c	۱۹/۱۵ ^a	۱۷/۵۸ ^e	۶۰۰	گرده افشانی

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD ندارند.

داد که اثر زمان در سطح احتمال پنج درصد و غلظت و برهم کنش تیمارها در سطح یک درصد بر پروتئین دانه معنی دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری بیشترین پروتئین دانه (۱۰/۹۸ درصد) از محلول پاشی ۲۰۰ میلی گرم هیومیک اسید در زمان برگ پرچم و کمترین میزان پروتئین دانه (۶/۹۲ درصد) از شاهد در زمان پنجه زنی به دست آمد (جدول ۵). هیومیک اسید با ایجاد دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن که در ساختار اسیدهای آمینه به کار می‌رود، باعث بیشتر شدن درصد پروتئین می‌شود (۸).

نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که اثر غلظت و زمان تغذیه برگری هیومیک اسید بر بیشتر صفات فیزیولوژیک و میزان عناصر معدنی شاخساره و دانه گیاه تریپتیکاله مؤثر است. با کاربرد ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید بیشترین میزان کلروفیل b، شاخص سطح برگ و شاخص سبزی‌نگی و غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترین میزان کلروفیل a به دست آمد. در بین زمان‌های محلول پاشی، محلول پاشی در مراحل ابتدای پیدایش برگ پرچم و گرده افشانی بیشترین تأثیر را بر صفات فیزیولوژیک داشت. هیومیک اسید با افزایش دسترسی به عناصر میکرو و ماکرو تأثیر محسوسی بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف در گیاه تریپتیکاله داشت. بیشترین آهن دانه (۴۰/۴۴ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین آن (۱۷/۵۸ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان گرده افشانی و غلظت ۶۰۰ میلی گرم در لیتر بود. بیشترین منگنز دانه (۳۰/۷۳ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان ساقه رفتن و غلظت ۲۰۰ و کمترین منگنز دانه (۱۶/۳۶ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت صفر بود. بیشترین عملکرد دانه (۶۷۹۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول پاشی در مرحله برگ پرچم با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد. محلول پاشی در مرحله برگ پرچم با میزان ۱۷۴۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد

غلظت در سطح احتمال پنج درصد بر میزان منگنز بوته تأثیر معنی داری داشت (جدول ۴). بیشترین منگنز بوته (۴۶/۹۷ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان ساقه رفتن و غلظت ۴۰۰ و کمترین منگنز بوته (۳۱/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان گرده افشانی و غلظت ۶۰۰ بود (جدول ۵). بیشترین منگنز دانه (۳۰/۷۳ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان ساقه رفتن و غلظت ۲۰۰ و کمترین میزان منگنز دانه (۱۶/۳۶ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار زمان پنجه زنی و غلظت صفر بود (جدول ۵). مقدار منگنز در اغلب خاک‌ها بین ۲۰۰ تا ۳۰۰۰ قسمت در میلیون متغیر است که در کل بیشتر از حد کفایت است اما مقدار منگنز قابل دسترس لزوماً ممکن است که در حد کفایت نباشد. در جذب منگنز با سایر کاتیون‌ها به ویژه NH_4^+ و Fe^{+2} رقابت وجود دارد. منگنز فعال کننده چندین آنزیم مهم است که در ساختن اسیدهای چرب و نوکلئوتید دخالت دارند، همچنین این عنصر برای تنفس و فتوسنتز ضروری است (۹). نجفی و محمدنژاد (۱۸) گزارش کردند که کاربرد کود آلی با میزان ۱۵ گرم در کیلوگرم میزان منگنز دانه گندم را ۱۶/۹۲ درصد افزایش داد. شریف و همکاران (۲۹) گزارش کردند که هیومیک اسید باعث افزایش منگنز گیاه گندم شد.

درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

عملکرد پروتئین دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین به دست می‌آید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان و غلظت محلول پاشی هیومیک اسید و برهم کنش آنها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد پروتئین معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد پروتئین (۷۴۵/۶۵ کیلوگرم در هکتار) از محلول پاشی ۲۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید در مرحله برگ پرچم و کمترین عملکرد پروتئین (۳۱۱/۴۲ کیلوگرم در هکتار) از غلظت صفر در مرحله پنجه زنی به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی در مرحله برگ پرچم با افزایش دسترسی به نیتروژن و روی سبب افزایش سنتز پروتئین در گیاه و انتقال آن به دانه شده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان

بیولوژیک را داشت. بر اساس یافته‌های این پژوهش با محلول‌پاشی هیومیک اسید می‌توان عملکرد دانه، تجمع عناصر ریزمغذی و ویژگی‌های کیفی تربیتکاله را بهبود بخشید.

منابع مورد استفاده

1. Adiloglu, S. 2006. The effect of increasing nitrogen and zinc doses on the iron, copper and manganese contents of maize plant in calcareous and zinc deficient soils. *Asian Journal of Plant Sciences* 5(3): 504-507.
2. Ahmadi nourdinvand, F. 2017. Effect of plant density and application of humic acid on guar growth and development (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). MSc. Thesis, Agricultural Sciences and Natural Resources University Khuzestan. Ahvaz, Iran .
3. Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenol, peroxidase activity and chlorophyll contents in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum* 16(3): 185-191.
4. Beheshti, S. and A. Tadayyon. 2018. Effects of drought stress and humic acid on some physiological parameters of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Journal of Plant Process and Function* 6 (19): 1-14. (In Farsi).
5. Chelik, H., A. V. Katkat, B. B. Asik and M. A. Turan. 2010. Effect of foliar applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil condition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42 (1): 29-38.
6. Ebrahimi, M. and E. Miri karbasak. 2016. Investigation effect of humic acid on germination, seedling growth and photosynthesis pigments of medicinal plant isabgol (*Plantago ovata* Forssk). *Iranian Journal of Seed Science and Research* 3 (3): 35-46. (In Farsi).
7. Emami, A. 1996. Plant Decomposition Methods. Soil and Water research Institute. Vol. 1. Technical leaflet No. 982. Tehran, Iran.
8. Eneji, A. E., M. R. Islam, P. An and U. C. Amalu. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Journal of Cleaner Production* 52: 474-480.
9. Franklin, P., A. R. Gardner, P. Berent and M. Rajerel. 2003. Physiology of Crop Plants. Axford, Blakwell.
10. Ghorbani, S., H. Khazaei, M. Kafi and M. Banayan Awal. 2010. Effect of humic acid and irrigation water on yield and yield components of maize. *Agricultural Ecology Journal* 2 (1): 123-131. (In Farsi).
11. Ghosh, P. K., K. K. Bandyopadhyay, M. C. Manna, K. G. Mandal, A. K. Misra and K. M. Hati. 2004. Comparative effectiveness of cattle Manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer- NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology* 95(1): 85-93.
12. Javadi, A. and E. Esfandiari. 2018. The effect of folic acid on yield and some qualities parameters of wheat. *Journal of Crop Production* 10(4): 149-158. (In Farsi).
13. Kamari shahmaleki, S., G. H. Peyvast and M. Ghasemnejad. 2013. Effect of humic acid on growth and yield of tomato cv. isabela. *Journal of Horticulture Science* 26(4): 358-363. (In Farsi).
14. Kazemi Arbat, H. 2007. Specific Agronomy. Markaz Nashr Daneshgahi, Tehran.
15. Khoram Ghahfarokhi, A., A. Rahimi, B. Torabi and S. Madah Hosseini. 2015. Effect of humic Acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Oil Plant Production* 2(1): 71-84. (In Farsi).
16. Mahmoodi zoeek, R., M. Nasri and M. Oveysi. 2015. Effect of humic acid spraying on yield and nutrients transition to wheat grain in drought stress condition. *Agronomic Research in Semi Desert Regions* 12(2): 119-131. (In Farsi).
17. Mohseni, H., A. Ghanbari, A. Mansuji, M. Ramezanpoor and M. Mhseni. 2004. Effect of microelements of bore and zinc on yield and components yield of zea mays. In: Proceeding of the 8th National Iranian Crop Science Congress. Rasht, Iran. pp: 437-442. (In Farsi).
18. Najafi, N. and A. Mohammadnejad. 2015. The Effect of organic fertilizers residue on wheat grain elements content at different soil compaction Level. In: Proceeding of the 4th National Congress on Organic and Conventional Agriculture. Ardabil, Iran. pp.19-20. (In Farsi).
19. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
20. Nikbakht, A., M. Kafi, M. Babalar and Y. P. Xia. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrients uptake and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31(12): 2155-2167.
21. Nourolah, P. 2016. Effect of sulfuric acid, humic acid and potassium nitrate leaf foliar application on quantitative and qualitative yield of marigold) *Calendula officinalis* L. MSc. Thesis, Agricultural Sciences and Natural Resources University Khuzestan. Ahvaz, Iran.
22. Pazoki, A. 2016. Effect of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield

- components of durum wheat under drought stress condition in shahr-e-rey region. *Cereal Research* 6(1): 105-117. (In Farsi).
23. Pour fard, Y., B. Kehrarian, V. Beigenia, A. Moeini rad and N. Hajihassani asl. 2014. The Effect of iron foliar application on yield and yield components of rainfed wheat cultivars. *Research in Crop Sciences* 5(19): 125-135. (In Farsi).
 24. Rahimizadeh, M., A. Kashani, A. Zare feyzabadi, H. Madani and A. Soltani. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Journal of Crop Production* 3 (1): 57-72. (In Farsi).
 25. Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio and A. M. Cnab. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Cimmyt, Texcoco.
 26. Sabzevari, S. and H. R. Khazae. 2009. The Effect of foliar application with humic on growth yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 1(2): 53-63. (In Farsi).
 27. Salehi, B., A. Bagherzadeh and M. Ghasemi. 2010. Impact of humic acid on growth properties and yield and components of three tomato varieties (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agroecology* 2(4): 640-647. (In Farsi).
 28. Samavat, S. and M. J. Malakuti. 2005. The Need to Use Organic Acids (Humic and Fulvic) to Increase the Quantity and Quality of Agricultural Products. Soil and Water Research Institute Technical Publication No. 463. Tehran. Iran. (In Farsi).
 29. Sharif, M., R. A. Khattak and M. S. Sarir. 2002. Wheat yield and nutrients accumulation as affected by humic acid and chemical fertilizers. *Sarhad Journal of Agriculture* 18: 323-329.
 30. Tajbakhsh, M. and A. A. Pourmirza. 2003. Cereal grain crops. Urmia Jahad-e Daneshgahi, Urmia.
 31. Ulukan, H. 2008. Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield components in wheat (*Triticum* spp.) hybrids. *International Journal of Botany* 4(2): 164-175.
 32. Wu, W. and B. Ma. 2015. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: a review. *Science of the Total Environment* 512: 415-427 .

The Effect of Humic Acid Foliar Application on some Qualitative Characteristics and Micronutrients Accumulation in the Shoot and Grain of Triticale (*X Triticum-secale Wittmack*)

L. Parvin¹, M. H. Gharineh², A. Khodaei Joghani³ and A. Moshatati³

(Received: April 6-2018; Accepted: June 22-2019)

Abstract

In order to increase the quality of agricultural products and improve healthy food production systems, application of organic fertilizers has become very important in agroecosystems. To investigate the effect of different concentrations and time of humic acid foliar application on the qualitative characteristics and shoot and grain micronutrients content of Triticale, an experiment was conducted at the Research Field of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during the 2017-2018 growing season. The experimental design was a split plot based on the randomized complete block design with four replications. Treatments included the time of foliar application at four levels (tillering, stem elongation, flag leaf, anthesis) in the main plot and spraying concentrations at four levels (0, 200, 400 and 600 mg L⁻¹) in the sub plots. The results showed that the foliar application of humic acid at the flag leaf and anthesis stages had the greatest impact on the plant physiological traits. The highest chlorophyll b content, leaf area index and total chlorophyll (SPAD) were obtained from the application of 600 mg L⁻¹ humic acid and the highest chlorophyll a content was gained from the spraying of 400 mg L⁻¹. The maximum grain iron (40.44 mg kg⁻¹) was related to the spraying of 200 mg L⁻¹ of fertilizer at the tillering stage. The highest protein yield (745.65 kg ha⁻¹) was obtained from the foliar application of 200 mg L⁻¹ humic acid in the flag leaf stage. The highest amount of manganese (30.73 mg kg⁻¹) was related to the application at the stem elongation stage and the concentration of 200 mg L⁻¹. Based on the findings of this study, humic acid foliar application can increase the accumulation of micronutrients in plant and improve the qualitative traits of triticale.

Keywords: Chlorophyll, Foliar Application, Grain Quality, Organic Fertilizer.

1, 2, 3. MSc. Graduated of Agroecology, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mhgharineh@asnruk.ac.ir